Jurnal KONSTRUKSI : teKNik, infraSTRUKtur, dan Salns
Program Pascasarjana UMI

Vol. 01, No. 08 Tahun 2022
E-ISSN: XXXX-XXXX

Kajian Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Sungai Paguyaman Kabupaten Gorontalo

Argenta Djiko [1*], Ratna Musa [2], Hanafi Ashad [3]

1*) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,
argenta1225@gmail.com
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

The development of population and increasing community activities have resulted in changes in environmental functions that have a negative impact on the sustainability of water resources and increase the destructive power of water. The study of the effect of land use changes on the Paguyaman watershed flood discharge can be used as a basis for planning a flood control system in villages along the Paguyaman river. It is hoped that in the future flood disasters will not occur in this village, especially in areas that have strategic value and have an important influence on economic activities. The purpose of this study was to determine the effect of land use changes on the Paguyaman watershed flood discharge and to find out solutions for flood management in the Paguyaman watershed to land use changes. The method used is hydrological analysis, namely calculating the planned flood discharge and analysis of land use distribution. The results showed that there was an increase in flood discharge due to the difference in infiltration in 2019 and 2008 which was 9,77 mm or 23,22 million m3 for 6 (six) hours of rain. It is predicted that peak discharge will continue to increase in the coming years accompanied by land development in the Paguyaman watershed.

Keywords: Flood Discharge, Gorontalo Regency, Land Use Change, Paguyaman River.

Abstrak

Perkembangan jumlah penduduk dan meningkatnya kegiatan masyarakat mengakibatkan perubahan fungsi lingkungan yang berdampak negatif terhadap kelestarian sumber daya air dan meningkatnya daya rusak air. Kajian pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir DAS Paguyaman dapat dijadikan sebagai basis perencanaan sistem pengendalian banjir di desa-desa yang berada disepanjang sungai paguyaman. Hal ini diharapkan di masa yang akan datang bencana banjir tidak terjadi di desa ini terutama di kawasan-kawasan yang mempunyai nilai strategis dan pengaruh penting terhadap kegiatan perekonomian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir DAS Paguyaman dan untuk engetahui solusi penanganan banjir di DAS Paguyaman terhadap perubahan tata guna lahan. Metode yang digunakan adalah analisis hidrologi yaitu menghiutng debit banjir rencana dan analisis sebaran guna lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan debit banjir dikarenakan perbedaan infiltrasi tahun 2019 dengan tahun 2008 adalah sebesar 9.77 mm atau 23.22 juta m3 untuk kejadian hujan selama 6 (enam) jam. Diprediksi debit puncak akan terus meningkat di tahun yang akan datang diiringi dengan pengembangan lahan pada DAS Paguyaman;

Kata Kunci: Debit Banjir, Kabupaten Gorontalo, Perubahan Guna Lahan, Sungai Paguyaman

1. PENDAHULUAN

Potensi sumber daya air Wilayah Sungai Paguyaman, Propinsi Gorontalo, sudah saatnya dikelola dengan baik, karena kebutuhan air yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan bertambahnya sektor yang harus dilayani (industri, pariwisata, perkotaan, pertanian, perikanan, perkebunan, kesehatan, dan lain-lain).

Perkembangan jumlah penduduk dan meningkatnya kegiatan masyarakat mengakibatkan perubahan fungsi lingkungan yang berdampak negatif terhadap kelestarian sumber daya air dan meningkatnya daya rusak air. Pengalihan fungsi lahan di kawasan hulu mengakibatkan air hujan tidak sempat ditahan oleh vegatasi untuk meresap kedalam tanah pada musim hujan dan pada musim kemarau dialirkan pelan-pelan secara konstan ke hilir. Tidak ada lagi fungsi hutan sebagai bank–bank air (waduk alam) sebagai persedian air dimusim kemarau. Dalam kondisi yang terbuka semua air yang ditumpahkan dari langit pada musim hujan langsung dialirkan kehilir. Apabila hal tersebut tidak diantisipasi, maka dikhawatirkan akan menimbulkan bencana.

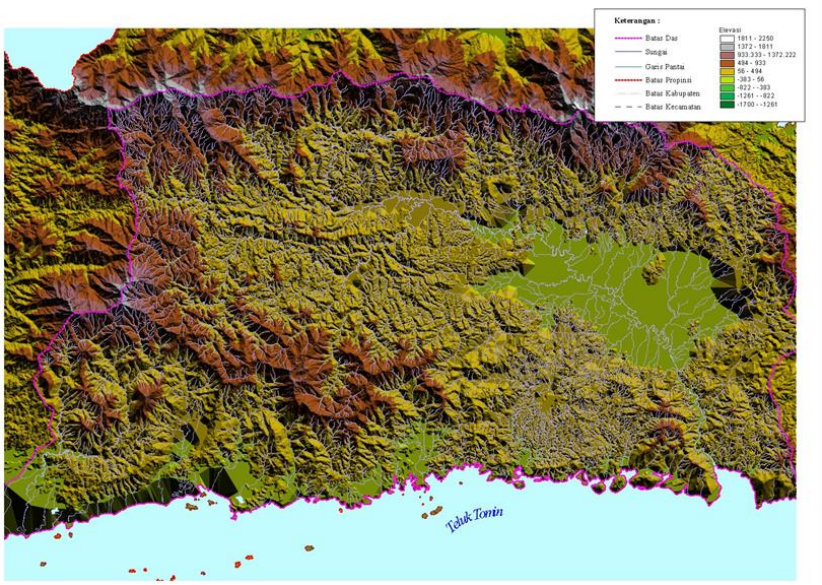
Berdasarkan kondisi yang terjadi di atas, diperlukan suatu kajian pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir DAS Paguyaman yang dapat dijadikan sebagai basis perencanaan sistem pengendalian banjir di desa-desa yang berada disepanjang sungai paguyaman. Hal ini diharapkan di masa yang akan datang bencana banjir tidak terjadi di desa ini terutama di kawasan-kawasan yang mempunyai nilai strategis dan pengaruh penting terhadap kegiatan perekonomian.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap debit banjir DAS Paguyaman dan untuk engetahui solusi penanganan banjir di DAS Paguyaman terhadap perubahan tata guna lahan

2. METODE

A. Lokasi Penelitian

Secara administrasi wilayah Sungai Paguyaman terletak pada tiga kabupaten yaitu kab. Gorontalo, Kab. Boalemo, dan Kab. Pohuwato. Gambar 3.1 memberikan lokasi wilayah studi, dimana ditunjukkan alur sungai di Wilayah Sungai Paguyaman, dioverlay dengan daerah administrasi. Kabupaten Gorontalo beribukota di Limboto dimana kabupaten ini mempunyai 17 kecamatan dan 200 desa/kelurahan. Kabupaten Boalemo beribukota di Tilamuta. Kabupaten ini memiliki 7 kecamatan dan 67 buah desa/kelurahan. Kabupaten Pohuwato beribukota di Marisa dimana kabupaten ini mempunyai 7 kecamatan dan 24 desa/kelurahan. Data wilayah Provinsi Gorontalo disajikan dalam gambar berikut:



Gambar 1 Peta Sungai di WS Paguyaman overlay dengan Topografi

Sungai Paguyaman dengan luas DAS sebesar ±2.490 km^2 dengan kurang lebih 146 anak sungai merupakan potensi hidrologi yang sangat besar dan belum dimanfaatkan secara optimal. Curah hujan di DAS Paguyaman adalah khas untuk daerah yang dekat khatulistiwa, yaitu adanya dua puncak hujan berkaitan dengan lewatnya mintakat pertemuan antar tropika, mengikuti posisi matahari.

Lokasi penelitian meliputi berada di DAS Paguyaman, Secara administrasi lokasi pekerjaan ini mencakup daerah Kabupaten Gorontalo dan sebagian daerah Kabupaten Boelemo. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2022 sampai dengan bulan Juni 2022

B. Tahap Persiapan

Dalam menyelesaikan tesis ini, saya menggunakan beberapa tahapan studi. Tahapan-tahapan tersebut adalah:

1) Tahap Persiapan; Kegiatan yang dilakukan pada tahap persiapan ini adalah:
   - Membuat proposal tesis
   - Mengumpulkan literatur-literatur yang diperlukan
2) Studi Literatur; Kegiatan yang dilakukan pada studi literatur adalah:
   - Mengumpulkan data-data dari hasil studi/kajian yang pernah dilakukan.
   - Mencatat rekomendasi terhadap masalah yang terjadi
3) Pengumpulan Data Sekunder; Kegiatan yang dilakukan pada pengumpulan data sekunder adalah
   - Mengumpulkan data-data Curah Hujan
   - Mengumpulkan data wilayah genangan banjir
   - Mengumpulkan data hidrologi dan hidroklimatologi
   - Mengumpulkan Peta kondisi eksisiting tata guna lahan.
4) Pengumpulan Data Primer; Kegiatan yang dilakukan pada pengumpulan data primer adalah :
   - Peninjauan lapangan berkaitan dengan identifikasi Sungai Paguyaman
   - Pengumpulan informasi peran masyarakat dalam pengelolaan Sungai Paguyaman
   - Pengumpulan informasi peran masyarakat dalam pengelolaan tata guna lahan di DAS Paguyaman
5) Analisis Data; Kegiatan yang dilakukan pada analisis data adalah:
   - Analisa Luasan Perubahan Tata Guna Lahan
   - Analisa Data Curah Hujan
   - Analisis Debit Banjir Rencana Sungai Paguyaman
   - Analisis pengaruh perubahan tata guna lahan
6) Rekomendasi penanggulangan banjir Sungai Paguyaman

C. Metode Pengumpulan Data

Untuk melengkapi hasil kajian diadakan survey lapangan untuk melengkapi data-data guna tahapan analasis termasuk gambaran umum mengenai lokasi kajian. Survey lapangan dilakukan yang kedua kali dimana untuk melengkapi data-data yang telah ada pada studi literatur sebelumnya, selain itu dilakukan pengamatan secara langsung terhadap lokasi kajian dan hasil pengamatan didokumentasikan dalam bentuk foto-foto lapangan. Dari hasil kunjungan lapangan yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa masalah banjir dan genangan yang terjadi di wilayah Desa adalah diakibatkan oleh daya tampung Sungai paguyaman yang kurang memadai sehingga pada saat musim penghujan sering mengakibatkan banjir dan genangan pada pemukiman dan petak-petak sawah.

D. Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data tersebut antara lain sebagai berikut

1. Data Curah Hujan; Untuk mengetahu debit rencana. Data hujan diperoleh dari Balai Wilayah Sungai (BWS) Sulawesi II Gorontalo.
2. Peta Kondisi Eksisting Tata Guna Lahan Tahun; Peta kondisi eksisiting tata guna lahan 3 tahun terakhir
3. Kompilasi Data

Kajian dimulai dengan melakukan kompilasi data curah hujan, peta tata guna lahan dan data potongan melintang sungai (cross section), peta topografi, peta sekunder Sungai Paguyaman. Kompilasi data yang digunakan dijabarkan pada **Tabel 1** berikut ini:

Tabel 1 Data Yang Dipergunakan

Jenis Data	Sumber	Kegunaan	Keterangan
Curah Hujan	BWS Sulawesi II	Input Hidrologi	Sekunder
Cross Section & long section	Hasil pengukuran	Input Model	Primer
Tata Guna Lahan	BWS Sulawesi II	Input Model	Sekunder

E. Metode Analisis Data

1. Analisa hidrologi dilakukan untuk mendapatkan debit banjir rencana dengan berbagai kala ulang sebagai data masukan kedalam perangkat lunak HEC-RAS 4.10.
2. Tata Guna Lahan; Dalam penelitian ini mempelajari perubahan tata guna lahan berpengaruh terhadap hidrograf aliran/ debit banjir. Tata guna lahan diolah dalam sofware GIS untuk mengetahui berapa persentasi luasan tiap masing masing lahan.
3. Analisis Curah Hujan Rencana; Untuk mendapatkan curah hujan rencana maka dilakukan ananisis data curah hujan dengan berbagai metode analisis frekuensi. Metode yang digunakan dalam analisis frekuensi dalam kajian ini adalah distribusi normal, gumbel, log normal dua parameter, dan log pearson III. Sementara itu dalam menghitung curah hujan maksimum digunakan beberapa distribusi, dari beberapa distribusi ini hanya satu yang akan dipakai. Untuk menentukan distribusi mana yang akan dipakai dilakukan uji kecocokan dengan maksud untuk memberikan informasi apakah suatu distribusi data sama atau mendekati dengan hasil pengamatan dan kelayakan suatu fungsi distribusi. Ada empat metoda yang digunakan untuk pengujian tersebut:
   - Rata-rata prosentase error, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas dan fungsi kerapatan kumulatif.
   - Deviasi, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas dan fungsi kerapatan komulatif.
   - Chi-Kuadrat, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan probabilitas.
   - Kolmogorov-Smirnov, digunakan untuk menguji fungsi kerapatan kumulatif.

   Dalam kajian ini untuk menguji apakah pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana diterima atau ditolak dilakukan secara vertikal dengan metode Chi Square dan secara horizontal dengan metode Smirnov Kolmogorof. Data yang akan digunakan untuk kajian ini berupa hujan harian.
4. Analisis Debit Banjir Rencana; Untuk mendapatkan debit banjir rencana dalam kajian ini dilakukan dengan berbagai metode untuk menghitung besaran debit

banjir. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah metode hidrograf sintetik Nakayasu, SCS, ITB-Ib dan ITB-IIb. Sementara itu dalam menghitung debit banjir rencana digunakan metode yang sesuai dengan keadaan lokasi kajian atau DAS.

5. Pembahasan Hasil Analisis Hidrologi; Hasil analisis hidrologi menggunakan hidrograf sintetik itu kemudian dibandingkan antara hasil dengan menggunakan data tata guna lahan yang berbeda, kemudian ditarik kesimpulan dari hasil yang didapatkan tersebut.

3. PEMBAHASAN

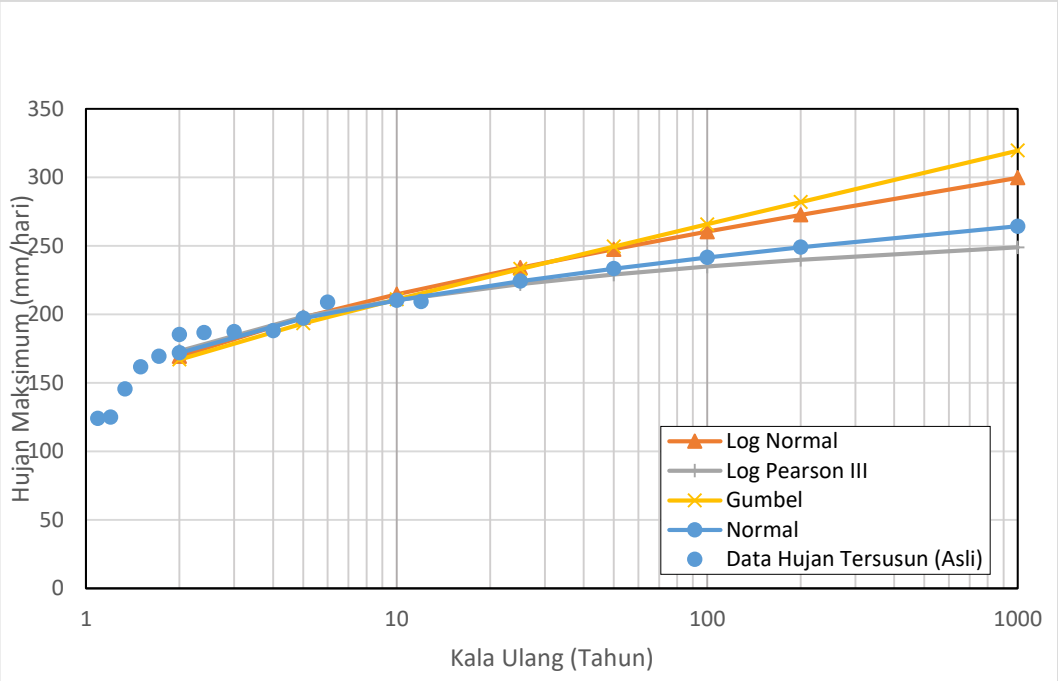
Dari kelima stasiun pencatat curah hujan tersebut diperoleh data curah hujan 10 tahun terakhir (periode 2011-2021). Dalam pencatatan curah hujan ada beberapa data yang tidak terisi sehingga dilakukan pengisian data hujan yang kosong dengan metode inverse square distance yaitu dengan memperbandingkan data curah hujan yang dicatat pada stasiun curah hujan terdekat.

Proses perhitungan curah hujan rerata daerah pada penelitian ini menggunakan 5 titik stasiun curah hujan. Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitar. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili stasiun tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata. Hitungan curah hujan rerata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun (Triatmodjo, 2013).

Dalam perhitungan debit banjir dibutuhkan distribusi hujan jam-jaman dari hujan rencana, oleh karena itu untuk distribusi hujan dalam kajian ini akan mengacu pada metode yang direkomendasikan di Petunjuk Teknis Perhitungan Debit Banjir Pada Bendungan yang dikeluarkan oleh Balai Bendungan sebagai petunjuk teknis untuk perhitungan debit banjir. Metode yang digunakan adalah metode PSA 007 untuk mewakili distribusi hujan secara temporal yang terjadi di DAS Paguyaman.

Curah hujan rencana diperlukan untuk menentukan besarnya debit banjir rencana apabila data debit banjir dengan selang waktu pengamatan yang cukup panjang tidak tersedia. Untuk menentukan besarnya curah hujan rencana ini diperlukan data curah hujan harian maksimum wilayah. Besarnya curah hujan rencana dihitung dengan analisis probabilitas frekuensi curah hujan. Beberapa metode yang tersedia akan disesuaikan dengan distribusi data, antara lain:

- Metode Normal
- Metode Log Normal
- Metode Log Pearson Tipe III
- Metode Gumbel



Gambar 2 Hujan Rencana Kala Ulang Hasil Perhitungan

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode chi square dengan jumlah data n = 11, α = 5% dan Dk = 2 adalah 5,991 (Lampiran)diperoleh hasil perbandingan nilai chi square (Xh^2) dengan nilai chi square kritis (Xh^2cr) dapat dilihat pada table 4.23.

Tabel 2 Perbandingan nilai chi square (Xh2) dengan nilai chi square kritis (Xh2cr)

Distribusi Frekuensi	X2	X2cr	Keterangan
Gumbel	2,18181818	5,991	TRUE
Normal	3,09090909	5,991	TRUE
Log Normal	2,18181818	5,991	TRUE
Pearson	2,18181818	5,991	TRUE
Log Pearson III	2,18181818	5,991	TRUE

Hasil analisis perhitungan uji sebaran dengan 2 metode yaitu chi square dan Smirnov-kolmogorov. Pada Uji sebaran dengan menggunakan metode chi square (X2) diperoleh hasil untuk semua Analisis distribusi curah hujan dapat diterima dimana nilai chi square (X2) lebih kecil dibandingkan chi square Critis (X2cr) dengan nilai chi square terkecil adalah distribusi dengan metode log-normal pada angka 2,182. Sedangkan hasil uji sebaran dengan menggunakan metode Smirnov-kolmogorov, dari 4 perhitungan distribusi yang diuji terdapat 2 distribusi yang memenuhi nilai ambang batas Smirnov Kolmogorov dimana smirnov kolmogorov Hitung lebih kecil dibandingkan dengan Smirnov Kolmogorov (Δ P Max < Δ P Kritis) yaitu perhitungan distribusi Normal dengan nilai 0,174 dan perhitungan distribusi log-normal dengan nilai 0,174.

Berdasarkan hasil uji sebaran distribusi diketahui bahwa distribusi sebaran metode Log-Normal merupakan distribusi dengan nilai chi kuadrat terkecil dari semua nilai chi square (X2) yang tidak melampaui chi square kritis (X2cr) dan smirnov kolmogorov Hitung lebih

kecil dibandingkan dengan Smirnov Kolmogorov (Δ P Max < Δ P Kritis), maka selanjutnya akan digunakan hujan rencana terpilih adalah metode Log-Normal.

Curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan total yang menghasilkan limpasan langsung dengan kata lain hujan total dikurangi kehilangan pada awal hujan akibat adanya infiltrasi. Untuk mendapatkan curah hujan effektif, data curah hujan rancangan yang telah ditentukan dikurangi dengan infiltrasi yang didapatkan dari Curve Number (CN) DAS untuk setiap jam pada distribusi hujan. Nilai CN untuk masing-masing jenis lahan (Ponce, 2014), kemudian dihitung CN komposit untuk DAS Paguyaman dari masing-masing luasan tata guna lahan. Infiltrasi dihitung menggunakan menggunakan rumus berikut (Ponce, 2014) dengan abstraksi awal (*initial abstraction*) sebesar 0,2S:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \qquad (1)$$

Dimana,

S = Total infiltrasi (inch)

CN = *Curve Number*

Dalam contoh kasus ini akan digunakan distribusi hujan 6 jam dengan infiltrasi yang dihitung dengan metode CN adalah sebagai berikut:

Tabel 3 Perhitungan Infiltrasi Metode CN

Tahun	**2008**	**2019**
CN	**69.98**	**71.91**
Jam	**Infil (mm)**	**Infil (mm)**
1	21.79	19.84
2	17.43	15.87
3	17.43	15.87
4	17.43	15.87
5	17.43	15.87
6	17.43	15.87
7	0.00	0.00
8	0.00	0.00
9	0.00	0.00
10	0.00	0.00
11	0.00	0.00
12	0.00	0.00
13	0.00	0.00
Jumlah	**108.97**	**99.20**

Menggunakan nilai CN dari DAS juga bisa didapatkan selisih volume tampungan yang hilang akibat dari perubahan lahan yang dituangkan dalam tabel berikut:

Tabel 4 Perhitungan selisih infiltrasi

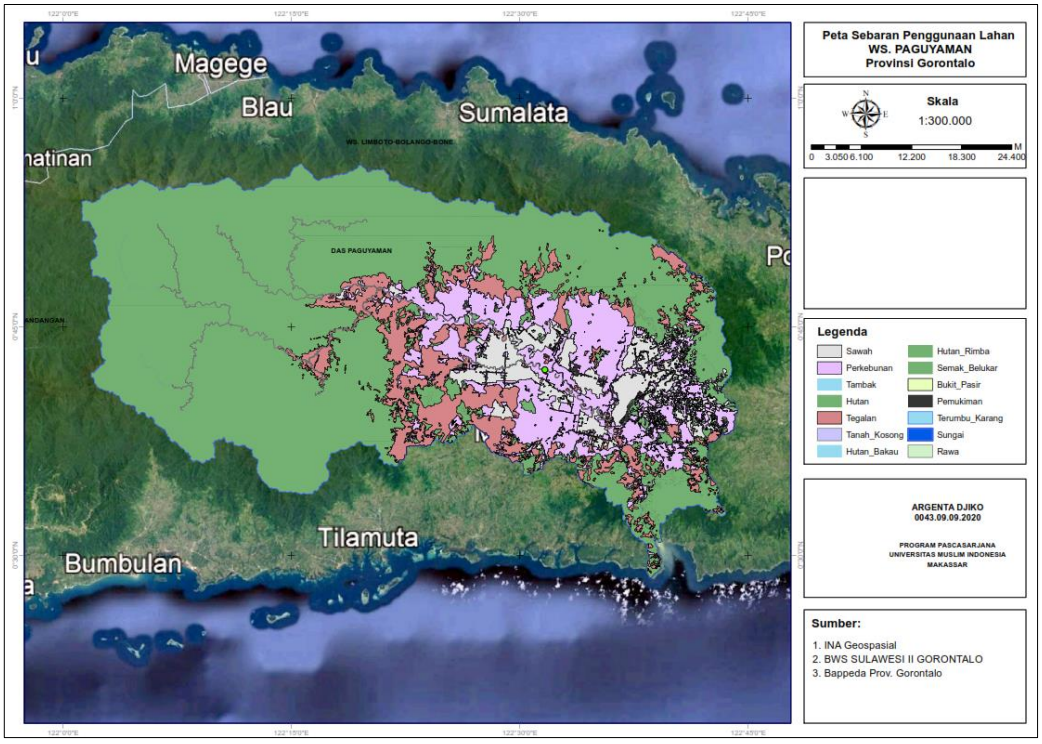
Tahun	**CN**	**Infiltrasi (mm)**	**Luas DAS (km^2)**	**Vol. Infiltrasi (m^3)**	**Vol. Infiltrasi (Juta m^3)**
2008	69.98	108.97	2,387.80	260,187,146.70	260.19
2019	71.91	99.20	2,387.80	236,858,597.18	236.86
	1.94	-9.77			-23.33

Dari perhitungan diatas didapatkan 23,33 juta m^3 air tidak terinfiltrasi pada tahun 2019 dibandingkan dengan tahun 2008 akibat perubahan lahan.

Tabel 5 Persentase pemanfaatan lahan di DAS Paguyaman

Jenis Lahan	2008		2022		Ket
	Luas Pemanfaatan	Persentase (%)	Luas Pemanfaatan	Persentase (%)	
Kebun	12823,5	4,98%	13518,75	5,25%	Naik 0,27%
Tegalan	11973,75	4,65%	12772,00	4,96%	Naik 0,31%
Sawah	2703,75	1,05%	3476,25	1,35%	Naik 0,30%
Tanah Kosong	22969	8,92%	22093,50	8,58%	Naik 0,34%
Hutan Rimba	201107,5	78,10%	199485,25	77,47%	Turun 0,63%
Semak Belukar	5175,75	2,01%	5278,75	2,05%	Naik 0,04%
Pemukiman	309	0,12%	386,25	0,15%	Naik 0,03%
Badan Air	437,75	0,17%	489,25	0,19%	Naik 0,02%
Total	257500	100,00%	257500,00	100,00%	

Berdasarkan hasil Analisa data bukaan lahan, terdapat penambahan jumlah luasan pemanfaatan lahan di sekitar DAS Paguyaman dari tahun 2008 hingga tahun 2019, penambahan luas pemanfaatan tiap kegiatan mempunyai luas yang bervariasi. Penambahan bukaan lahan tersebut mengakibatkan jumlah luasan Hutan sebagai daerah resapan juga berkurang. Pada tahun 2008 luas hutan rimba di DAS Paguyaman tercatat 201.107,5 Ha dengan persentase 78,10% dari luas DAS Paguyaman secara keseluruhan. Pada tahun 2019 luas hutan berkurang menjadi 199.485,25 Ha dengan persentase 77,47% dari luas DAS Paguyaman keseluruhan. Sehingga diketahui Hutan rimba yang beralih fungsi adalah 0,63% atau sekitar 1622,25 Ha.



Gambar 3 Luas Pemanfaatan Lahan di DAS Paguyaman pada tahun 2022

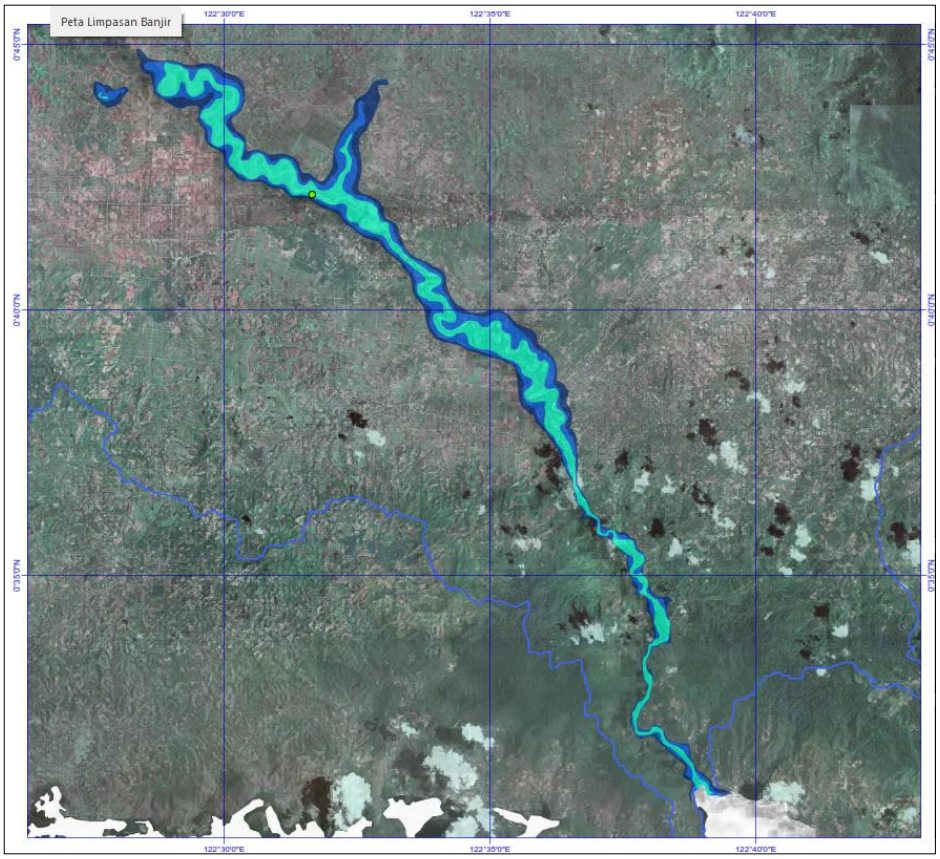
Terlihat dari hasil perbandingan debit puncak antara Hidrograf tahun 2008 dengan luas lahan hutan rimba 78,10% dan tahun 2019 dengan luas hutan rimba 77,47%, bahwa debit puncak tahun 2019 lebih tinggi dibandingkan dengan dengan tahun 2008. Hasil ini sejalan dengan infiltrasi tahun 2008 yang lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 2019, sehingga limpasan permukaan tahun 2019 lebih tinggi dibanding tahun 2008. Selisih debit antara tahun-tahun tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 6 Perbandingan debit puncak tahun 2008 dengan tahun 2019

Tahun	Luas Hutan	TR-2	TR-5	TR-10	TR-25	TR-50	TR-100	TR-1000
2008	78,10%	3,426.09	4,244.28	4,725.83	5,284.21	5,680.82	6,070.40	6,444.51
2019	77,47%	3,555.09	4,373.28	4,854.83	5,437.00	5,847.77	6,237.36	6,623.90
Delta		129.00	129.00	129.00	152.80	166.95	166.95	179.39
Percentage		3.77%	3.04%	2.73%	2.89%	2.94%	2.75%	2.78%

Dari tabel diatas terlihat terjadi peningkatan debit dari tahun 2008 dibandingkan dengan 2019 sebesar rata-rata 150,44 m^3/s atau sebesar 2,99% akibat perubahan lahan di DAS Paguyaman.

Muka air banjir rencana kemudian diproyeksikan kedalam peta DAS Paguyaman untuk mengetahui pola limpasan akibat peningkatan debit banjir berdasarkan debit rencana. Dapat terlihat pola limpasan berdasarkan debit rencana Q2, Q25 dan Q50.



Gambar 4 Pola Limpasan sungai Paguyaman pada Q2, Q25 dan Q50

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

a. Debit banjir rencana pada tahun 2008 pada Q-50 berdasarkan data curah hujan adalah sebesar 5.680 m3/det, sedangkan pada tahun 2019 pada Q-50 adalah 5.847 m3/det. Terjadi peningkatan debit banjir dikarenakan perbedaan infiltrasi tahun 2019 dengan tahun 2008 adalah sebesar 9.77 mm atau 23.22 juta m3 untuk kejadian hujan selama 6 (enam) jam;
b. Infiltrasi pada tahun 2019 lebih kecil dibandingkan dengan tahun 2008 akibat perubahan tata guna lahan. Hasil hidrograf model hidrologi menunjukkan debit puncak tahun 2019 lebih besar dibandingkan dengan tahun 2008 akibat runoff yang meningkat karena perubahan lahan. Diprediksi debit puncak akan terus meningkat di tahun yang akan datang diiringi dengan pengembangan lahan pada DAS Paguyaman;

5. DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2000. Hidrologic Modeling System, HEC-HMS Technical Reference Manual Version 4.1. U.S. Army Corps of Engineers. Davis CA.

Anonim. 2014. Petunjuk Penggunaan Model HEC HMS 3.5. Semarang.

Anonim. 2015. Pedoman HECHMS.

Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. Bogor

Asdak Chay, 2010. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Yogyakarta: Press Universitas Gajah Mada.

Asriadi Asriadi, Pristiant Hendrik, 2018. Ringkasan Teori Erosi Dan Sedimentasi, Sorong: Universitas Muhammadiyah Sorong.

As-syakur, A.R., 2008. "Prediksi Erosi dengan Metode USLE dan SIG, (Online), Pristianto, H. (2018, May 15). Teori Aliran Sedimen Dalam Pipa". http://doi.org/10.17605/OSF.IO/BFV7G

Baja M.Phil, Prof.Dr.Ir. Sumbangan (2012); Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah, Andi Offset, Yogyakarta .

Balai Bendungan, 2017, Petunjuk Teknis Perhitungan Debit Banjir Pada Bendungan, Jakarta.

Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah, 1986, Petunjuk Pelaksanaan Penyusunan RTL-RLKT, Jakarta, Departemen Kehutanan RI.

Boangmanalu Arta Olihen, Indrawan Ivan. 2012. "Kajian Laju Angkutan Sedimen Pada Sungai Wampu". Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.

Departemen PU Bina Marga, 1990, Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan No. 008/T/BNKT/1990.

Dianasari Qodri'ah, Andawayanti Ussy, Cahya Evi Nur, 2016. "Pengendalian Erosi Dan Sedimen Dengan Arahan Konservasi Lahan Di DAS Genting Kabupaten Ponorogo" Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya Malang. Malang

Febrianingruma Dinda Noor, Masrevaniah Aniek, Suhartanto Ery, 2007. "Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Sedimen Di Sungai Lesti" Universitas Brawijaya Malang. Malang

Ghoffar E.M, M.Abdul., dkk. 2004. Tafsir Ibnu Katsir Jilid 6 (Lubaabut Tafsir Min Ibni Katsiir). Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i. Normalisasi Sungai https://bebasbanjir 2025.wordpress.com/konsep-pemerintah/ dinas-pu-dki-jakarta-3-4/ (diakses 1 April 2016)

Hakim, Riskiyanti Siti. 2015 "Studi Laju Sedimentasi Waduk Bili-Bili Pasca Pengembangan Bangunan Penahan Sedimen" Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakutas Teknik Universitas Hasanuddin

Hambali Roby, Yayuk Apriyanti. 2016. “Studi Kakteristik Sedimen Dan Laju Sedimentasi Sungai Daeng – Kabupaten Bangka Barat”. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
Harto Sri. 1993. Analisis Hidrologi. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
Kasnawawi, dkk. 2022. Perbaikan Alur Sungai Akibat Debit Banjir (Studi Kasus : Sungai Siwa, Kabupaten Wajo). Jurnal Flyover, Volume 2 Nomor 1 Halaman 48-55. Program Pascasarjana UMI Makassar.
Kurniawati, Ary, dkk. 2021. Kajian Debit Banjir di Wilayah Sungai Saddang Kabupaten Pinrang Sulawesi Selatan dengan Menggunakan Grafik Creager. Jurnal Flyover, Volume 1 Nomor 2 Halaman 1-7. Program Pascasarjana UMI Makassar.
Latif, Abd, dkk. 2022. Kajian Pengendalian Banjir Sungai Kera Kabupaten Wajo. Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains, Volume 1 Nomor 4 Halaman 37-48. Program Pascasarjana UMI Makassar.
Maddi, Haeruddin. C, dkk. 2021. Kajian Pengendalian Banjir dengan Menggunakan Waduk Regulasi. Jurnal Flyover, Volume 1 Nomor 1 Halaman 21-32. Program Pascasarjana UMI Makassar.
Mansida Amrullah, 2015. Buku Bahan Ajar Morfologi Sungai. Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar.
Mardijikoen, P., 1987. Angkutan Sedimen. Diktat, Pusat Antar Universitas (PAU) Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta
Mohamad, Irwan, dkk. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Petugas Operasi dan Pemeliharaan dalam Pengelolaan Operasi Jaringan Irigasi (Studi Kasus : Daerah Irigasi Opiyang Mancalele Kabupaten Halmahera Timur). Jurnal Flyover, Volume 1 Nomor 2 Halaman 48-59. Program Pascasarjana UMI Makassar.
Peraturan Menteri Kehutanan, 2014, Nomor P. 61 /Menhut-II.
Peraturan Menteri PU, 2014, Nomor 12.
Peraturan Pemerintah tentang Sungai, 2011.
Ponnce, V. M. 2014. Engineering Hydrology: Principles and Practice 2nd edition. Online edition.
Pujiastuti, Evi. 2016, Tugas Akhir: Evaluasi Sistem Tata Air yang Berkaitan dengan Masalah Banjir di Kelurahan Kampung Melayu, UMJ. Jakarta. Review Masterplan Pengendalian Banjir dan Drainase, Dinas Pekerjaan Umum DKI.
Rachmayanti, Harfiah, dkk. 2022. Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Dengan Menggunakan Software HEC HMS (Studi Kasus DAS Saddang). Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains, Volume 1 Nomor 1 Halaman 1-9. Program Pascasarjana UMI Makassar.
Retnowati Salamah, 2012. “Dampak Alih Fungsi Lahan Terhadap Kondisi Tata Air Di SUB-SUB DAS Tapan” Universitas Sebelas Maret Surakarta. Surakarta
Soemarto, CD. 1993, Hidrolika Teknik. Jakarta: Penerbit Erlangga.
Soewarno. 1991. Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri). Bandung: Nova.
Soewarno. 1995. Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data). Bandung: Nova.
Sosrodarsono Suyono dan Kensaku Takeda. 1993. Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta: PT. Pradya Paramitha.
Suhartanto, Ery. 2008. Panduan HEC HMS dan Aplikasinya di Bidang Teknik Sumberdaya Air. Malang: CV. Citra Malang.
Suripin, M.Eng. Dr. Ir. (2004); Drainase Perkotaan yang berkelanjutan, Andi Offset, Yogyakarta.
Triatmodjo, Bambang. 2010. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset
Untari, Adelia. Jurnal: Studi Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan terhadap Debit di DAS Citepus, Kota Bandung. ITB. Bandung.